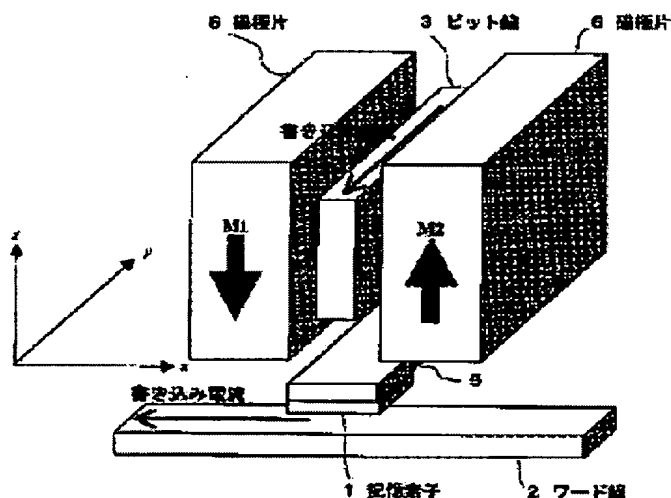


**MAGNETIC MEMORY DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD**

**Patent number:** JP2002246568  
**Publication date:** 2002-08-30  
**Inventor:** IGARASHI MINORU  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
- **International:** H01L27/105; G11C11/14; G11C11/15; H01L43/08  
- **European:**  
**Application number:** JP20010040244 20010216  
**Priority number(s):** JP20010040244 20010216

**Abstract of JP2002246568**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable the reduction of a magnetization inversion current, in a magnetic memory device which is equipped with a magnetoresistive effect type storage element and performs the information storage by making use of the inversion of the direction of magnetization in the storage element. **SOLUTION:** A pair of magnetic pole pieces 6 consisting of soft magnetic material having high permeability are juxtaposed so that it may be close to the magnetic resistance effect type of storage element 1, and the magnetic memory device is constituted so that these paired magnetic pole pieces 6 may be excited by the write current flowing in the direction roughly orthogonal to its row direction.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-246568  
(P2002-246568A)

(43) 公開日 平成14年8月30日 (2002.8.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 27/105		G 1 1 C 11/14	A 5 F 0 8 3
G 1 1 C 11/14			E
	11/15	11/15	
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z
		27/10	4 4 7
		審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 12 頁)	

(21) 出願番号 特願2001-40244(P2001-40244)

(22) 出願日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 五十嵐 実

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(74) 代理人 100086298

弁理士 船橋 國則

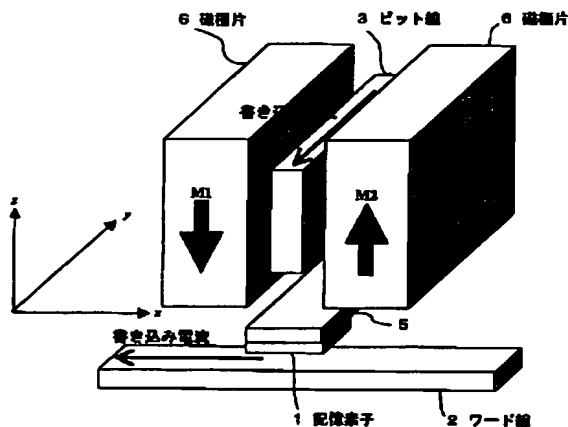
Fターム(参考) 5F083 FZ10 GA05

(54) 【発明の名称】 磁気メモリ装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗効果型の記憶素子を備え、その記憶素子における磁化方向の反転を利用して情報記憶を行う磁気メモリ装置において、磁化反転電流の低減を可能とする。

【解決手段】 磁気抵抗効果型の記憶素子1に近接するように、高透磁率を持つ軟磁性材料からなる一対の磁極片6を並設するとともに、これら一対の磁極片6がその並び方向と略直交する方向に流れる書き込み電流によって励磁されるように、磁気メモリ装置を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気抵抗効果型の記憶素子を備え、当該記憶素子における磁化方向の反転を利用して情報記憶を行う磁気メモリ装置において、

前記記憶素子に近接するように、高透磁率を持つ軟磁性材料からなる一対の磁極片が並設されるとともに、前記一対の磁極片は、当該一対の磁極片の並び方向と略直交する方向に流れる書き込み電流によって励磁されるものであることを特徴とする磁気メモリ装置。

【請求項2】 前記一対の磁極片の間に配設された書き込み線を備えるとともに、前記一対の磁極片は、前記書き込み線を通る書き込み電流によって励磁されるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気メモリ装置。

【請求項3】 前記一対の磁極片は、当該一対の磁極片自身を通る書き込み電流によって励磁されるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気メモリ装置。

【請求項4】 渦状に巻回され、かつ、その一部が前記一対の磁極片の間に位置するように配設された書き込み線を備えるとともに、

前記一対の磁極片は、前記書き込み線を通る書き込み電流によって励磁されるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気メモリ装置。

【請求項5】 前記一対の磁極片の前記記憶素子に近接する側の端部近傍とこれに対向する側の端部近傍との両方またはいずれか一方には、対向する磁極片に向けて突出するスロート部が設けられていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項6】 前記一対の磁極片の間で、かつ、前記記憶素子に近接する側と対向する側の端部近傍には、非磁性層で挟まれた軟磁性材料が充填されていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項7】 前記一対の磁極片の前記記憶素子に近接する側の端部近傍には、当該磁極片よりも高い飽和磁束密度を持った軟磁性材料が堆積されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項8】 前記一対の磁極片の間に前記記憶素子が位置していることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項9】 前記一対の磁極片の間の外方に前記記憶素子が位置していることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項10】 前記一対の磁極片の一端側のみに近接して前記記憶素子が配されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項11】 前記一対の磁極片の両端側に近接して前記記憶素子が配されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項12】 複数の記憶素子が設けられている場合に、各記憶素子に対して個別に前記一対の磁極片が配されていることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項13】 複数の記憶素子が設けられている場合に、隣り合う記憶素子同士で前記一対の磁極片のうちの一方を共用するように、当該一対の磁極片が配されていることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項14】 前記記憶素子は、巨大磁気抵抗効果型素子であることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項15】 前記記憶素子は、トンネル磁気抵抗効果型素子であることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の磁気メモリ装置。

【請求項16】 磁気抵抗効果型の記憶素子を備え、当該記憶素子における磁化方向の反転を利用して情報記憶を行う磁気メモリ装置の製造方法であって、前記記憶素子に近接して並設される一対の磁極片を形成する工程とを備えるとともに、

前記一対の磁極片を形成する工程は、高透磁率を持つ軟磁性層を形成する工程と、パターンエッチングにより前記軟磁性層に溝状のトレンチを形成する工程と、前記トレンチ内に絶縁層または絶縁層と導体層とによる積層構造を形成する工程とからなることを特徴とする磁気メモリ装置の製造方法。

【請求項17】 前記一対の磁極片を形成する工程を前記記憶素子の形成後に行うことを特徴とする請求項16記載の磁気メモリ装置の製造方法。

【請求項18】 前記一対の磁極片を形成する工程を前記記憶素子の形成に先立って行うことを特徴とする請求項16記載の磁気メモリ装置の製造方法。

【請求項19】 前記一対の磁極片を形成する工程の前後それぞれに前記記憶素子の形成を行うことを特徴とする請求項16記載の磁気メモリ装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報を記憶するためのメモリデバイスとして用いられる磁気メモリ装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、メモリデバイスとして用いられる磁気メモリ装置の一つとして、MRAM (Magnetic Random Access Memory) が提案されている (例えば、Wang et al., IEEE Trans. Magn. 33(1997), 4498参照)。MRAMは、巨大磁気抵抗 (Giant Magnetoresistive; GMR) 効果型またはトンネル磁気抵抗 (Tunnel Magnetoresistive; TMR) 効果型の記憶素子を用い、その記憶素子における磁化方向の反転を利用して情報記憶を行う

ものである。

【0003】すなわち、MRAMでは、記憶素子を構成する軟磁性材料からなる自由層の磁化の向きによって素子電気抵抗が変わるように、自由層と対向する固定層の磁化方向が直接的または間接的に反強磁性体等によって固定されている。そして、自由層の磁化がある方向を向いたときにビット情報の「1」を表し、他方を向いたときにビット情報の「0」と表すと定められている。また、記憶素子への情報の書き込みは、自由層の磁化反転に必要な磁界 $H_c$ を超える磁界を記憶素子に与えることで行い、その情報の読み出しは、記憶素子における磁気抵抗効果を用いて行う。

【0004】このような情報記憶を行うため、MRAMは、一般に、図28に示すように、GMR効果型またはTMR効果型の記憶素子1に加えて、相互に略直交するワード線2およびビット線3を備えており、これらワード線2およびビット線3に上下から挟まれた状態で、かつ、これらの交差領域に位置するように、記憶素子1が配置されている。

【0005】また、MRAMでは、図29に示すように、記憶素子1がビット線3に接続されているとともに、情報読み出し時に素子選択を行うロジック回路4とセンス線5を通じて接続されており、これにより磁気抵抗効果を用いた情報読み出しを可能にしている。

【0006】そして、ワード線2およびビット線3に流れる電流によって誘起される電流磁界が、記憶素子1の磁化反転に必要な磁界 $H_c$ を超えると、これにより記憶素子1の自由層の磁化方向が反転することになる。ただし、ワード線2およびビット線3は相互に略直交しているため、このときにそれぞれを流れる電流の組み合わせは、図30に示すようなアステロイド（星芒）曲線によって二次元的に表示される。なお、ワード線2とビット線3とが略直交しているのは、マトリクス状に配された複数の記憶素子1に対して、それぞれ個別に、かつ、選択的に磁化方向の反転を行うことを可能にするためである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、MRAMにおいては、記憶素子1の自由層に磁化反転を起こさせるための電流の大きさが、実用化する上での難点となる。詳しくは、記憶素子1の最小線幅を $F$ とした場合、その $F$ 値が小さくなると自由層の寸法も比例して減少するが、磁化反転に必要な磁界 $H_c$ は自由層寸法に反比例するので、高密度のメモリセルを構成しようすると $H_c$ が増大し、結果として磁化反転電流も大きくなってしまふ。例えば、図30に示したアステロイド曲線は、層構成が $PtMn=13nm/CuFe=2nm/Ru=0.8nm/CuFe=2nm/Al_2O_3=1nm/CuFe=2nm/Ta=5nm$ 、 $F=0.13\mu m$ のメモリセルで測定されたものであるが、ワード線2および

ビット線3を可能な限り記憶素子1の自由層近傍に配置したとしても、電流値のピークは10mA前後の大きさになってしまう。

【0008】このような大電流が必要になると、ワード線2やビット線3を駆動する回路も大電流で駆動しなければならず、結果としてMRAMの高密度化、低消費電力化、低発熱化等の実現が困難である。したがって、MRAMの実用化のためには、磁化反転電流を小さくすることが非常に重要であるといえる。

10 【0009】ところで、磁気媒体を用いた他のメモリ装置としてHDD（Hard Disk Drive）が広く知られているが、HDDでは、線密度方向の高い記録密度を実現するために、磁気媒体の $H_c$ を増大させることでこれに対応している。その著しい進歩を支えているのは、薄膜ヘッド（例えば、特許番号2772368号公報参照）の記録能力向上に他ならない。これに対して、MRAMでは、記憶素子1の自由層の $H_c$ 増大が問題といっても、HDDにおける磁気媒体の $H_c$ に比べれば、 $1/10 \sim 1/100$ 程度の値に過ぎない。したがって、薄膜ヘッド技術を応用できれば、MRAMにおける磁化反転電流の大きさに関する問題は、十分に解決可能であると考えられる。

【0010】そこで、本発明は、薄膜ヘッド技術を応用することで磁化反転電流の低減を可能とする磁気メモリ装置およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

30 【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために案出された磁気メモリ装置である。すなわち、磁気抵抗効果型の記憶素子を備え、当該記憶素子における磁化方向の反転を利用して情報記憶を行う磁気メモリ装置において、前記記憶素子に近接するように、高透磁率を持つ軟磁性材料からなる一対の磁極片が並設されるとともに、前記一対の磁極片は、当該一対の磁極片の並び方向と略直交する方向に流れる書き込み電流によって励磁されるものであることを特徴とする。

40 【0012】また、本発明は、上記目的を達成するために案出された磁気メモリ装置である。すなわち、磁気抵抗効果型の記憶素子を備え、当該記憶素子における磁化方向の反転を利用して情報記憶を行う磁気メモリ装置の製造方法であって、前記記憶素子に近接して並設される一対の磁極片を形成する工程とを備えるとともに、前記一対の磁極片を形成する工程は、高透磁率を持つ軟磁性層を形成する工程と、パターンエッチングにより前記軟磁性層に溝状のトレンチを形成する工程と、前記トレンチ内に絶縁層または絶縁層と導体層とによる積層構造を形成する工程とからなることを特徴とする。

50 【0013】上記構成の磁気メモリ装置および上記手順の製造方法によって得られる磁気メモリ装置によれば、書き込み電流を流して一対の磁極片を励磁すると、その書き込み電流によって誘起される電流磁界は、並設され

た一対の磁極片内を還流する。そのため、一対の磁極片が励磁されると、例えば薄膜ヘッドの場合と略同様に、特定の部分、例えば磁極片の端部近傍に集中して磁力線が発生するようになる。したがって、磁力線の集中箇所を記憶素子に近接させれば、磁力線を集中させない場合よりも小さな書き込み電流または電流密度で磁化方向の反転を行い得るようになる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明に係る磁気メモリ装置およびその製造方法について説明する。

【0015】先ず、本発明の第1の実施の形態におけるMRAM（磁気メモリ装置）について説明する。図1は、本発明に係る磁気メモリ装置の第1の実施の形態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。なお、図中において、従来のもの（図28、29参照）と同一の構成要素については同一の符号を付している。

【0016】図例のように、本実施形態で説明するMRAMは、従来と略同様に、マトリクス状に配されたGMR効果型またはTMR効果型の記憶素子1と、その下方に配されたワード線2とを備えている。そして、記憶素子1の上方には、ワード線2と略直交する方向に延びるビット線3が配設されている。また、記憶素子1は、センス線5を介して図示せぬロジック回路に接続されている。

【0017】ただし、本実施形態のMRAMでは、従来のものとは異なり、ビット線3を挟むように、高透磁率を持つ軟磁性材料からなる一対の磁極片6が並設されており、これら一対の磁極片6がビット線3を流れる書き込み電流によって励磁されるようになっている。また、これら一対の磁極片6は、その下端側が記憶素子1上面に近接するように配されている。なお、ビット線3および一対の磁極片6は、その構成上、電流磁界の膜厚方向成分が大きくなるように、その膜厚方向（図中の上下方向）の寸法を自由に展開することが可能であり、膜厚方向の寸法を大きく採るほど、後述するように、電流磁界を効率よく記憶素子1に伝達することができるようになる。

【0018】このように構成されたMRAMでは、ビット線3に書き込み電流が流れると、一対の磁極片6の間をその並び方向と略直交する方向に書き込み電流が流れることになり、これにより誘起される電流磁界によって一対の磁極片6が励磁され、各磁極片6がそれぞれ反対の向きに磁化される（図中の矢印M1および矢印M2参照）。そのため、ビット線3から発生する電流磁界は、互いに並設された一対の磁極片6内を還流する。そして、一対の磁極片6の記憶素子1に近接する側の端部（以下、この部分を「フロントギャップ」という）近傍と、これに対向する側の端部（以下、この部分を「バックギャップ」という）近傍とでは、一方の磁極片6から他方の磁極片6に伝達される磁束が集中することにな

る。

【0019】したがって、このように磁束が集中する部分、例えばフロントギャップ近傍に、記憶素子1を配置することによって、非常に効率よく磁化反転を起こすことが可能になるので、磁力線を集中させない場合よりも小さな書き込み電流または電流密度で記憶素子1における磁化方向を反転させ得るようになる。

【0020】次に、本発明の第2の実施の形態におけるMRAMについて説明する。図2は、本発明に係る磁気メモリ装置の第2の実施の形態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。なお、ここでは、上述した第1の実施の形態との相違点のみを説明するものとする。

【0021】図例のように、本実施形態で説明するMRAMでは、第1の実施の形態の場合と比べると、一対の磁極片6の間のビット線3が廃されており、その代わりに各磁極片6自身を流れる書き込み電流によって、これら一対の磁極片6が励磁されるようになっている。そのため、各磁極片6は、高透磁率を持つ軟磁性材料からなる導体によって形成されているものとする。

【0022】このように構成されたMRAMにおいても、各磁極片6自身に書き込み電流が流れると、これにより誘起される電流磁界によって一対の磁極片6が励磁され、各磁極片6を電流磁界が還流するので、フロントギャップ近傍およびバックギャップ近傍では、磁束が集中することになる。したがって、例えばフロントギャップ近傍に記憶素子1を配置することによって、非常に効率よく磁化反転を起こすことが可能になるので、磁力線を集中させない場合よりも小さな書き込み電流または電流密度で記憶素子1における磁化方向を反転させ得るようになる。

【0023】次に、本発明の第3の実施の形態におけるMRAMについて説明する。図3は、本発明に係る磁気メモリ装置の第3の実施の形態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。なお、ここでも、上述した第1および第2の実施の形態との相違点のみを説明するものとする。

【0024】図例のように、本実施形態で説明するMRAMでは、渦状に巻回されたビット線3'を備えており、そのビット線3'における巻回中心よりも一方の側が一対の磁極片6の間に位置するように、各磁極片6およびビット線3'が配設されている。そして、そのビット線3'を流れる書き込み電流によって、一対の磁極片6が励磁されるようになっている。

【0025】このように構成されたMRAMにおいても、ビット線3'に書き込み電流が流れると、一対の磁極片6の間をその並び方向と略直交する方向に書き込み電流が流れることになり、これにより誘起される電流磁界によって一対の磁極片6が励磁され、各磁極片6を電流磁界が還流するので、フロントギャップ近傍およびバ

ックギャップ近傍では、磁束が集中することになる。したがって、例えばフロントギャップ近傍に記憶素子1を配置することによって、非常に効率よく磁化反転を起こすことが可能になるので、磁力線を集中させない場合よりも小さな書き込み電流または電流密度で記憶素子1における磁化方向を反転させ得るようになる。

【0026】しかも、本実施形態のMRAMでは、ビット線3'が渦状に巻回されているので、記憶素子1の磁化反転に必要な書き込み電流の低減の度合いが、ビット線3'における渦状コイルのターン数に依存することになる。図4は、渦状コイルのターン数と書き込み電流低減の度合いとの関係の一具体例を示す説明図である。例えば、渦状コイルのターン数nが「5」である場合には、図30を用いて説明した従来のものと同じ膜構成、同じF値を持つ記憶素子1であっても、図4に示す如く、電流値で1/3以下、消費電力で1/10以下といったように、磁化反転電流を低減することができる。

【0027】次に、本発明の第4の実施の形態におけるMRAMについて説明する。図5は、本発明に係る磁気メモリ装置の第4の実施の形態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。なお、ここでも、上述した第1～第3の実施の形態との相違点のみを説明するものとする。

【0028】図例のように、本実施形態で説明するMRAMでは、第3の実施の形態の場合に加えて、一对の磁極片6のフロントギャップ近傍およびバックギャップ近傍の両方に、対向する磁極片6に向けて突出するスロート部7が設けられている。つまり、フロントギャップ近傍およびバックギャップ近傍では、一对の磁極片6の間の距離が狭くなっている。

【0029】このように構成されたMRAMでは、スロート部7によってフロントギャップ近傍およびバックギャップ近傍の間隔が狭くなっているため、その部分に集中する磁束の度合いが大きくなる。すなわち、スロート部7によってより一層磁束が集中し易くなるので、さらに小さな書き込み電流または電流密度で記憶素子1における磁化方向を反転させ得るようになる。

【0030】なお、スロート部7は、必ずしもフロントギャップ近傍およびバックギャップ近傍の両方に設ける必要はなく、例えば記憶素子1がフロントギャップ近傍に配されている場合であれば、そのフロントギャップ近傍のみに設けるようにしてもよい。

【0031】また、より一層磁束を集中させるための手段としては、スロート部7を設ける以外にも、以下に述べるようなものが考えられる。

【0032】例えば、フロントギャップ近傍に記憶素子1が配されている場合であれば、バックギャップ近傍に非磁性層で挟まれた軟磁性材料を充填する。このようにすれば、一对の磁極片6が略コの字状を形成することになり、そこを電流磁界が還流するようになるので、より

一層フロントギャップ近傍に磁束が集中するようになる。

【0033】また、例えば、フロントギャップ近傍に記憶素子1が配されている場合であれば、そのフロントギャップ側の各磁極片6の端部近傍に、その磁極片6よりも高い飽和磁束密度(Bs)を持った軟磁性材料を堆積するようにする。このようにすれば、磁極片6における記憶素子1側の端部近傍の飽和磁束密度が高くなるので、その部分においてより一層磁束の集中が図れるようになる。

【0034】さらに、上述した第1～第4の実施の形態では、一对の磁極片6の下端側が記憶素子1上面に近接するようにそれぞれが配されている場合を例に挙げて説明したが、記憶素子1が一对の磁極片6の間、すなわちフロントギャップ内に位置するようにすれば、集中した磁束がより効率的に記憶素子1に作用するようになる。ただし、第1～第4の実施の形態で説明したように、記憶素子1がフロントギャップの外方に位置している場合には、後述する成膜プロセスによる記憶素子1および磁極片6の形成が非常に容易になる。

【0035】ところで、本明細書では、以上のような一对の磁極片6を備え、これらにより磁束を集中させる構成を、「縦型薄膜ヘッド」と称するものとする。「薄膜ヘッド」と称する理由は、HDD等に用いられる薄膜ヘッドと類似の構成を有しているからである。すなわち、図6の本発明に係る磁気メモリ装置と一般的な薄膜ヘッドとの構成例を比較する模式図に示すように、膜厚方向(基板と垂直方向)に延びる磁極片(ポール)6を有し、ビット線3'を流れる電流が磁極片6を励磁するのに用いられ、これらによって記憶素子1の磁化反転磁界を供給するからである。また、「縦型」と称する理由は、各膜の積層方向(図6(a)中のz方向)が、一般的な薄膜ヘッドにおける積層方向(図6(b)中のy方向)と略直交しているためである。

【0036】このような縦型薄膜ヘッドは、マトリクス状に配された各記憶素子1に対して個別に配設してもよいが、隣り合う記憶素子1同士で一对の磁極片6のうちの一方を共用すれば、MRAMの高密度化が容易になると考えられる。図7～図10は、本発明に係る磁気メモリ装置の概略構成例を示す模式図である。

【0037】例えば、図7に示す例では、隣り合う記憶素子1同士の間に一つの磁極片6しか設けられておらず、その磁極片6を隣り合う記憶素子1同士で共用している。そのため、磁極片6の並び方向における厚さは、記憶素子1のF値の1～2倍程度となり、また磁極片6の間隔(ギャップ長)も同じくF値の1～2倍程度となる。したがって、磁極片6を共用すれば、各記憶素子1毎に個別に縦型薄膜ヘッドを配設する場合に比べて、各記憶素子1の配置密度を高めることが可能となる。

【0038】また、各記憶素子1の間に位置する磁極片

6が磁気シールドとしての機能も果たすようになるので、ある記憶素子1に対する電流磁界がその隣の記憶素子1に影響を及ぼしてしまうといった、高密度化に伴う弊害を極力解消し得るようになる。すなわち、各記憶素子1の上方に巨大なシールド層を付与したことで同様の効果が得られ、外部擾乱磁界に対する信頼性の向上が可能になる。さらには、林立する磁極片6の並びがシールドとして機能することにより、各記憶素子1の間が磁気的分離されクロストーク特性が改善される。

【0039】図8の例は、図7に示す例と同様に隣り合う記憶素子1同士でその間の磁極片6を共用しているが、図7に示す例のように各記憶素子1が各磁極片6のフロントギャップ側に配されているのではなく、各磁極片6のバックギャップ側に配されている。このように構成した場合であっても、全く同様に非常に効率よく磁化反転を起こすことが可能になり、小さな書き込み電流または電流密度で記憶素子1における磁化方向を反転させ得るようになる。このことは、例えば、ビット線3、3'に付随して磁極片6を設け、これにより縦型薄膜ヘッドを構成するのではなく、ワード線2により縦型薄膜

ヘッドを構成してもよいことを意味している。

【0040】また、記憶素子1は、縦型薄膜ヘッドのフロントギャップ側またはバックギャップ側のいずれか一方のみに近接して配されているのではなく、図9に示すように、フロントギャップ側とバックギャップ側との両方に近接して配されていてもよい。この場合には、記憶素子1をいずれか一方の側のみに配した場合に比べて、MRAMのチップ面積あたりの記憶容量を2倍にすることができる。さらには、図10に示すように、渦状コイルを励磁導体とする縦型薄膜ヘッドの上下それぞれに記憶素子1を配置することも可能であり、この場合にもチップ面積あたりの記憶容量が2倍となることはいうまでもない。

【0041】次に、以上のような構成のMRAMの製造方法について説明する。ここでは、主に、渦状コイルを励磁導体とする縦型薄膜ヘッドを備えて構成されたMRAM（第3の実施の形態における構成、図3参照）の製造方法を例に挙げて説明する。図11～27は、本発明に係る磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図である。

【0042】上述したように大きな消費電力低減効果が得られる渦状コイルを励磁導体に用いた縦型薄膜ヘッドの形成にあたっては、その前段階として、既知の方法を用いて、情報読み出し時に素子選択を行うロジック回路4を形成し、そのロジック回路4上に絶縁層と共にワード線2を形成し、そのワード線2上にGMR効果型またはTMR効果型の記憶素子1を形成し、その記憶素子1上にセンス線5を形成しておく。これらの各工程については、従来の場合と同様に行えばよいので、ここではその説明を省略する。

【0043】その後は、図11に示すように、センス線5の上に絶縁層（ただし不図示）を介して軟磁性層11をメッキ法またはスパッタ法により堆積する。軟磁性層11としては、例えばFe-Si、Fe-Al、Fe-Si-Al、NiFe等の金属軟磁性材料、MnZnフェライト、CuZnフェライト、NiZnフェライト、CuZnMgフェライト等の鉄酸化物軟磁性材料、Co-(Fe, Ni, Mn)-(Si, B, Zr, Nb, Ti)等のアモルファス軟磁性材料を用いることが考えられる。この軟磁性層11が磁極片6を形成することになる。そして、軟磁性層11の上には、スパッタ法によりアルミナ（非磁性）層12を堆積する。

【0044】アルミナ層12の堆積すると、その上に二酸化シリコン層を500Å以上に熱成長させた後、これをパターン化して、図12に示すようなエッチマスク13を形成する。そして、このエッチマスク13を用いて、軟磁性層11およびアルミナ層12に溝状のトレンチ14を、異方性プラズマエッチングにより形成する。このときのトレンチ14の深さは、磁極片6の励磁に必要な渦状コイルを必要ターンだけ収納し得る長さとする。

【0045】トレンチ14の形成後は、図13に示すように、化学蒸着法を用いて窒化シリコン層15を被着するとともに、その窒化シリコン層15に対して異方性プラズマエッチングを施すことにより、図14に示すように、トレンチ14の底面部分の窒化シリコン層15を除去する。その後は、図15に示すように、絶縁層となるアルミナ層16をスパッタ法により充填させるとともに、図16に示すようなエッチバックを行うことにより、そのアルミナ層16を必要量だけトレンチ14の底面部分に残留させる。これと同様に、図17に示すように、導体となるAl層17をスパッタ法またはメッキ法で充填させるとともに、図18に示すようなエッチバックを行うことにより、そのAl層17を必要量だけトレンチ14の底面部分に残留させる。このようなアルミナ層16とAl層17とをそれぞれ交互積層することによって、トレンチ14内には、渦状コイルが形成されることになる。

【0046】渦状コイルの形成後は、最後に、図19に示すように、化学蒸着法を用いて窒化シリコン層18を被着し、これを保護層とする。このような手順によって、渦状コイルを励磁導体に用いた縦型薄膜ヘッドを備えてなるMRAMが形成される。

【0047】なお、単一導体を励磁導体とする縦型薄膜ヘッドを備えて構成されたMRAM（第1の実施の形態における構成、図1参照）については、アルミナ層16とAl層17との交互積層を行わずに、図20に示すように、トレンチ14内に単一のAl層17を形成するようにすればよい。また、磁極片自身を励磁導体とする縦型薄膜ヘッドを備えて構成されたMRAM（第2の実施

の形態における構成、図2参照)については、図21に示すように、トレンチ14内に絶縁層であるアルミナ層16のみを形成するようにすればよい。

【0048】また、記憶素子1の部分により一層磁束を集中させるべく、バックギャップ近傍に軟磁性材料を充填し、一対の磁極片6が略コの字状を形成するようにする場合には、図22、23、24に示すように、トレンチ14内にアルミナ層16またはA1層17を堆積する過程の途中で、軟磁性層19を積層すればよい。これにより、バックギャップ近傍を軟磁性層19で充填することができ、縦型薄膜ヘッドの効率をより一層高めることができるようになる。

【0049】さらに、記憶素子1の部分により一層磁束を集中させるべく、磁極片6の端部近傍に高い飽和磁束密度を持った軟磁性材料を堆積する場合には、図25、26、27に示すように、センス線5の上に軟磁性層11を堆積する過程の前に、高い飽和磁束密度を持った軟磁性層20を積層すればよい。これにより、磁極片6の先端を高Bs層20とすることができ、縦型薄膜ヘッドのギャップ近傍での磁束をより集中させることができるようになる。

【0050】また、上述したMRAMの製造方法では、いずれの場合も、記憶素子1の形成を縦型薄膜ヘッドの形成よりも先行して行っていたが、これとは逆に縦型薄膜ヘッドの形成を記憶素子1の形成よりも先行させて行うようにしてもよい。記憶素子1を先行させた場合には、図7に示すような構成のMRAMが得られる。縦型薄膜ヘッドを先行させた場合には、図8に示すような構成のMRAMが得られる。縦型薄膜ヘッドの形成の前後それぞれに記憶素子1の形成を行った場合には、図9または図10に示すような構成のMRAMが得られる。なお、縦型薄膜ヘッドを先行させた場合は、非常に深いトレンチ14を形成するときにより利となる。

【0051】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の磁気メモリ装置およびその製造方法によれば、素子部分の膜厚方向に一対の磁極片によって磁束集中を図る縦型薄膜ヘッドを組み込むことによって、主として以下のような効果が生じる。すなわち、記憶素子の磁化方向の反転に必要な電流または電流密度を低減することが可能になり、磁気メモリ装置の消費電力低減、熱的信頼性向上等といった効果が得られる。また、記憶素子の縮小化に伴って増大する磁化反転磁界に対して、縦型薄膜ヘッドのスケール縮小で対応することが可能になり、磁気メモリ装置の更なる高密度化、大容量化、チップ面積の縮小等が実現容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る磁気メモリ装置の第1の実施の形態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。

【図2】本発明に係る磁気メモリ装置の第2の実施の形

態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。

【図3】本発明に係る磁気メモリ装置の第3の実施の形態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。

【図4】渦状コイルのターン数と書き込み電流低減の度合いとの関係の一具体例を示す説明図である。

【図5】本発明に係る磁気メモリ装置の第4の実施の形態における特徴的な要部の構成例を示す模式図である。

【図6】本発明に係る磁気メモリ装置と一般的な薄膜ヘッドとの構成例を比較する模式図であり、(a)は磁気メモリ装置の構成例を示す図、(b)は薄膜ヘッドの構成例を示す図である。

【図7】本発明に係る磁気メモリ装置の概略構成例を示す模式図(その1)である。

【図8】本発明に係る磁気メモリ装置の概略構成例を示す模式図(その2)である。

【図9】本発明に係る磁気メモリ装置の概略構成例を示す模式図(その3)である。

【図10】本発明に係る磁気メモリ装置の概略構成例を示す模式図(その4)である。

【図11】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その1)である。

【図12】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その2)である。

【図13】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その3)である。

【図14】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その4)である。

【図15】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その5)である。

【図16】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その6)である。

【図17】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その7)である。

【図18】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その8)である。

【図19】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図(その9)である。

【図20】本発明の第2の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図である。

【図21】本発明の第3の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の一手順を示す模式図である。



【図22】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の他の例を示す模式図である。

【図23】本発明の第2の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の他の例を示す模式図である。

【図24】本発明の第2の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の他の例を示す模式図である。

【図25】本発明の第1の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法のさらに他の例を示す模式図である。

【図26】本発明の第2の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の他の例を示す模式図である。

【図27】本発明の第3の実施の形態における磁気メモリ装置の製造方法の他の例を示す模式図である。

\*【図28】従来の磁気メモリ装置の特徴的な要部の構成例を示す模式図（その1）である。

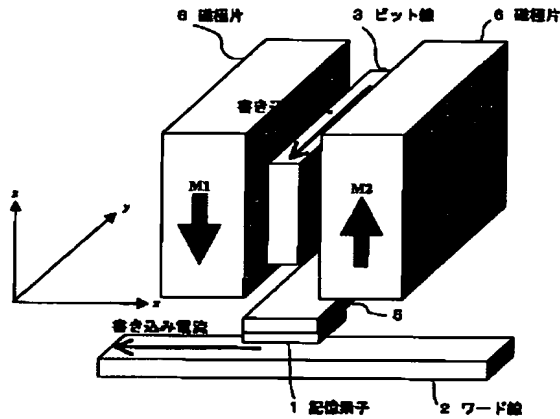
【図29】従来の磁気メモリ装置の特徴的な要部の構成例を示す模式図（その2）である。

【図30】従来における渦状コイルのターン数と書き込み電流低減の度合いとの関係の一具体例を示す説明図である。

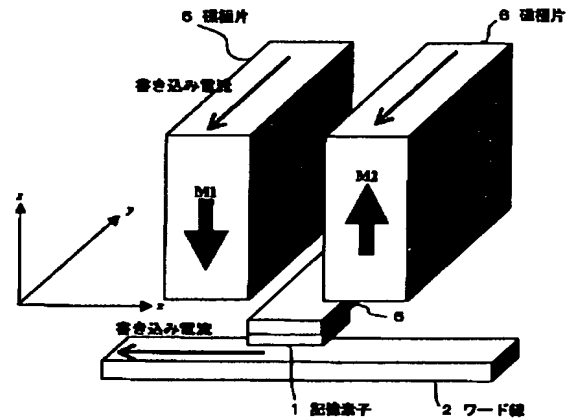
【符号の説明】

1…記憶素子、2…ワード線、3, 3'…ビット線、6…磁極片、7…スロット部、11…軟磁性層、14…トレレンチ、16…アルミナ層、17…Al層、19…軟磁性層、20…高Bs層

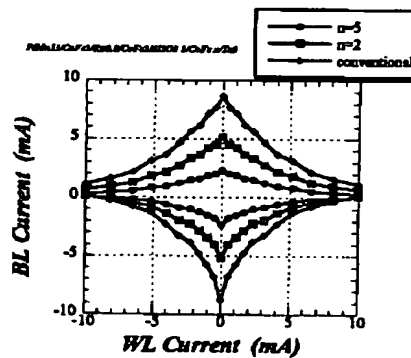
【図1】



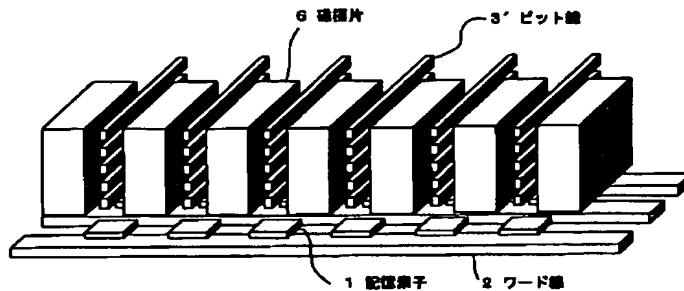
【図2】



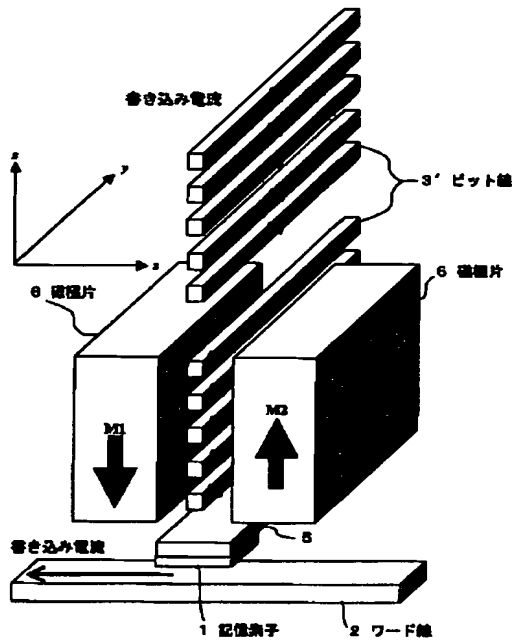
【図4】



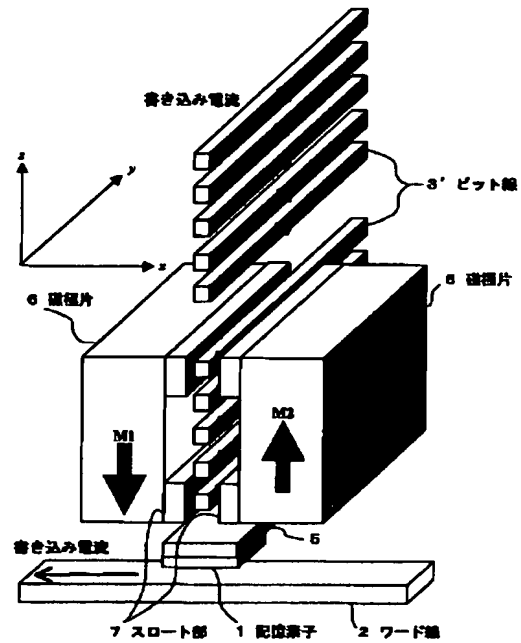
【図7】



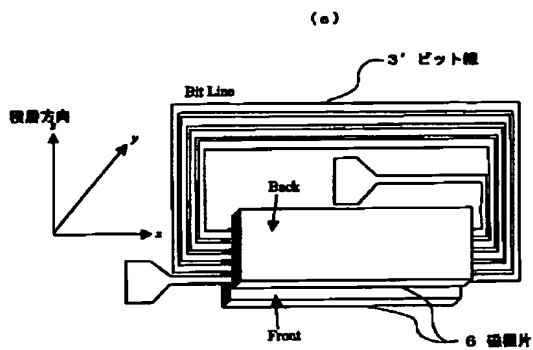
【図3】



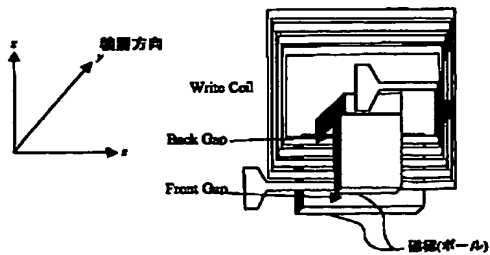
【図5】



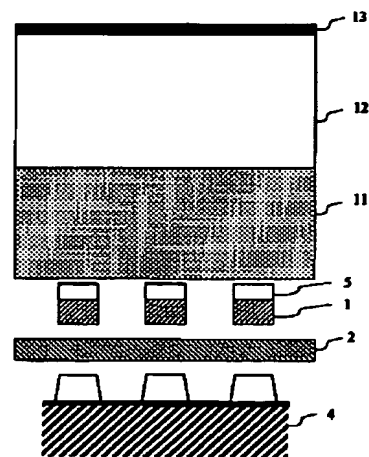
【図6】



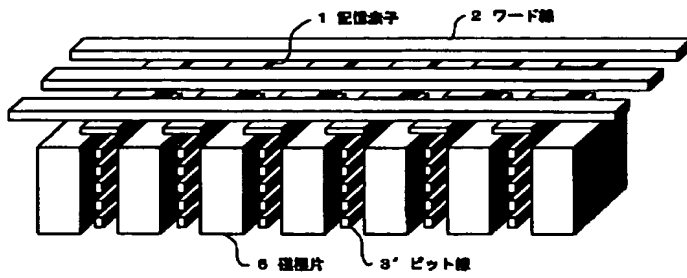
(b)



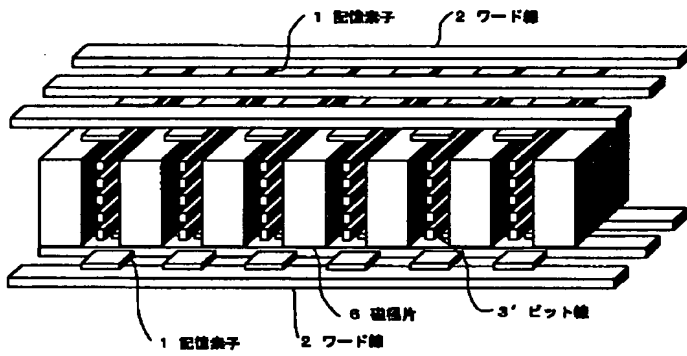
【図11】



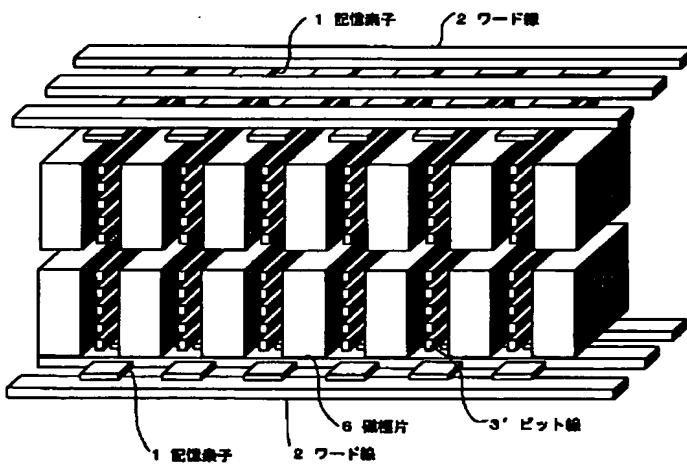
【図8】



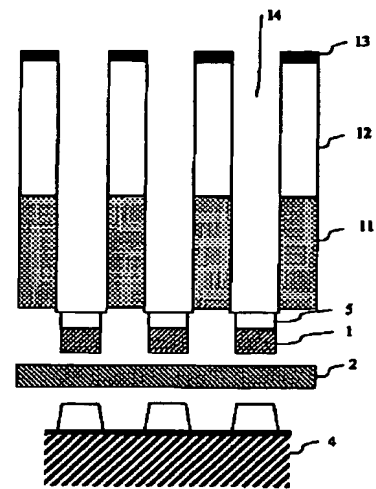
【図9】



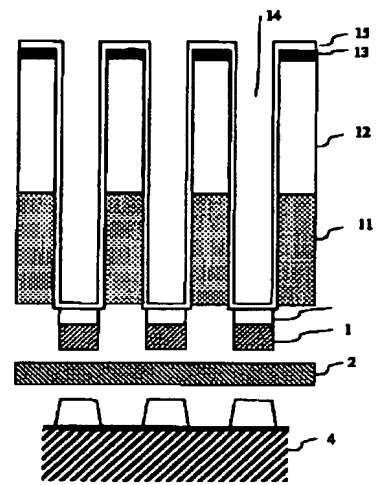
【図10】



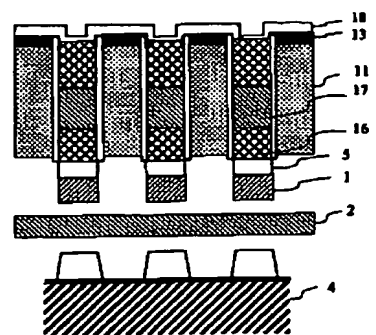
【図12】



【図13】

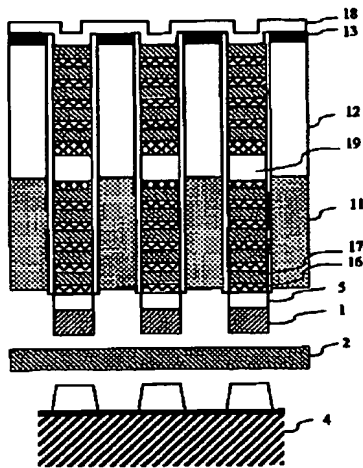


【図20】

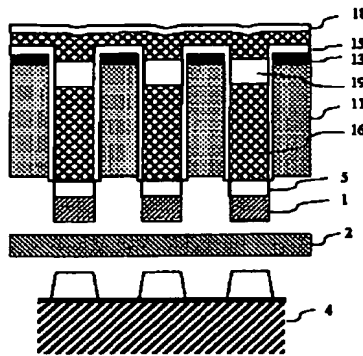




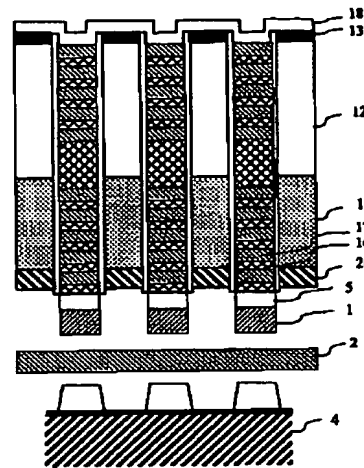
【図22】



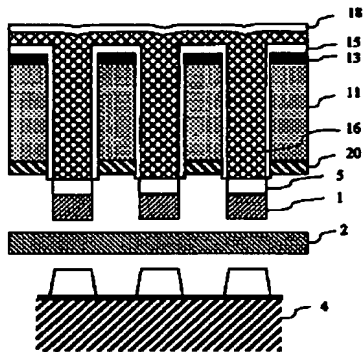
【図24】



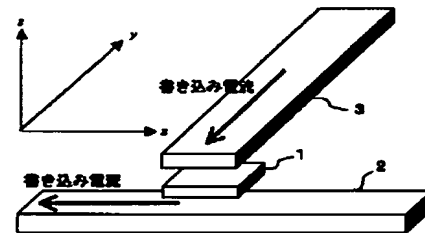
【図25】



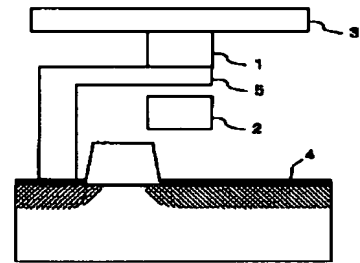
【図27】



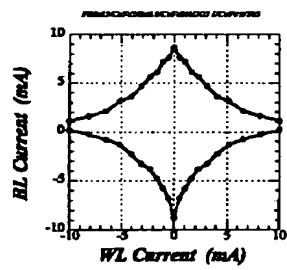
【図28】



【図29】



【図30】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**